

(12) МЕЖДУНАРОДНАЯ ЗАЯВКА, ОПУБЛИКОВАННАЯ В СООТВЕТСТВИИ С
ДОГОВОР О ПАТЕНТНОЙ КООПЕРАЦИИ (СТ)

(19) ВСЕМИРНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ
Международное бюро



(43) Дата международной публикации:
4 сентября 2003 (04.09.2003)

(10) Номер международной публикации:
WO 03/072521 A2

(51) Международная патентная классификация¹: C04B

(21) Номер международной заявки: PCT/RU03/00042

(22) Дата международной подачи:
4 февраля 2003 (04.02.2003)

(25) Язык подачи: русский

(26) Язык публикации: русский

(30) Данные о приоритете:
2002105388 21 февраля 2002 (21.02.2002) RU

(71) Заявитель и

(72) Изобретатель: АЛЕКСЕЕВ Андрей Михайлович
[RU/RU]; 199155 Санкт-Петербург, проспект Кима,
д. 4, кв. 464 (RU) [ALEXEEV, Andrey
Mikhailovich, St.Petersburg (RU)].

(72) Изобретатели: и

(75) Изобретатели/Заявители (только для (US): КРЫ-
ЖАНОВСКИЙ Владимир Иосифович [RU/RU];
197372 Санкт-Петербург, проспект Авиаконструк-
торов, д. 3, корп. 2, кв. 54 (RU) [KRYZHANOV-
SKIY, Vladimir Iosifovich, St.Petersburg (RU)].
ХАИТ Олег Викторович [RU/RU]; 194156 Санкт-
Петербург, проспект Пархоменко, д. 6, кв. 47 (RU)
[KHAIT, Oleg Viktorovich, St.Petersburg (RU)].

(81) Указанные государства (национально): AE, AG,
AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ,
CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ,
EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL,
IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS,
LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX,
MZ, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SK, SL,
TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU,
ZA, ZW.

(84) Указанные государства (регионально): ARIPO па-
тент (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ,
UG, ZM, ZW), евразийский патент (AM, AZ, BY,
KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), европейский патент
(AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR,
GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SI, SK, TR),
патент OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN,
GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Опубликована

Без отчёта о международном поиске и с повтор-
ной публикацией по получении отчёта.

В отношении двухбуквенных кодов, кодов языков и дру-
гих сокращений см. «Пояснения к кодам и сокращениям»,
публикуемые в начале каждого очередного выпуска Бюл-
летеня PCT.

(54) Title: METHOD FOR CUTTING NON-METALLIC MATERIALS AND DEVICE FOR CARRYING OUT SAID METHOD

(54) Название изобретения: СПОСОБ РЕЗКИ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЕГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ

(57) Abstract: The invention relates to material processing methods, in particular to methods for cutting and scribing non-metallic materials, mainly extra-hard materials (like corundum) provided with a semiconductive coating, glass, citalls, ceramics etc. The aim of said invention is to develop a method for cutting non-metallic materials, including extra-hard materials, and materials provided with a semiconductive coating with the aid of laser radiation. The pulse of said laser radiation has a set of parameters which provides the conditions for forming a mechanism for breaking down material by a collision and multiphoton ionisation, thereby producing a small-sized defect (the size thereof is closed to a diffraction limit). A real compatibility between laser pulse energy and energy required for producing a crack between two breakdown points is obtained by selecting the distance between said breakdown points.

[Продолжение на след. странице]

BEST AVAILABLE COPY

В основу изобретения положена задача создания способа резки неметаллических материалов, в том числе и особо твердых, и с полупроводниковым покрытием, лазерным излучением, в котором за счет создания импульса с определенным набором параметров обеспечиваются условия для обеспечения механизма пробоя материала за счет ударной и многофотонной ионизации, вследствие чего создается дефект очень малого размера (по величине близкий к дифракционному пределу), а за счет выбора расстояния между точками пробоя достигается практическое соответствие энергии лазерного импульса и энергии, необходимой для образования трещины между 2 точками пробоя.

Способ резки неметаллических материалов и устройство для его осуществления

Изобретение относится к способам обработки материалов, в частности, к способам резки и скрайбирования неметаллических материалов, преимущественно особо твердых (типа корунда) с полупроводниковыми покрытиями, стекол, ситалов, керамики и т.п.. Изобретение может быть использовано в электронной

промышленности при разделении подложек, оптических элементов, кристаллов, при вырезке жидкокристаллических индикаторов и фотошаблонов, магнитных и магнитооптических дисков, а также при изготовлении стекол и зеркал и т.п.

К традиционным методам обработки неметаллических материалов, таких, как кварц, лейкосапфир и др., относятся резка и скрайбирование с помощью алмазного и твердосплавного инструмента, алмазно-абразивная обработка кромок. Эти процессы характеризуются высокой стоимостью расходных материалов и не обеспечивают высокого процента годных изделий из-за большого количества трудоемких ручных операций.

Известен способ резки неметаллических материалов, заключающийся в нагреве материала лазерным излучением до температуры, не превышающей температуру размягчения материала, затем локальном охлаждении зоны нагрева, при этом скорость относительного перемещения пучка и материала и место локального охлаждения зоны нагрева выбирают из условия образования в материале несквозной разделяющей трещины. (Патент РФ № 2024441, С03В33/02, опубл.15.12.94).

Недостатком этого способа являются затруднения при создании дефекта малого размера из-за большой энергетики пучка и большой длины волны излучения и вследствие этого небольшая точность локализации реза. Точность реза также снижается вследствие значительного локального нагрева обрабатываемого образца.

Известен процесс лазерного скрайбирования и разрушения стеклянных слоев с нанесенным на них покрытием. Он осуществляется путем направления лазерного луча от импульсного CO₂ лазера, длина волны которого сильно поглощается стеклом, фокусирования лазерного излучения на поверхности материала или в его толще и формирования дефекта в точке фокусировки (патент WO № 0075983, H01L21/784, опубл. 14.12.2000).

Недостатком этих способа и устройства для резки неметаллических материалов является то, что в результате потери вещества из области образования дефекта размер дефекта получается больше размеров фокального пятна лазерного пучка и достигает 20 мкм и более, что превышает требования, предъявляемые к точности реза при разделении образцов на микрочипы. Качество обрабатываемого образца ухудшается из-за

упомянутого нагрева и выноса испаряемого материала из области реза и его осаждения на поверхность.

Известен процесс лазерного скрайбирования и разрушения стеклянных слоев с нанесенным на них покрытием. Он осуществляется путем направления лазерного луча от импульсного KrF лазера, длина волны которого сильно поглощается стеклом, фокусирования лазерного излучения на поверхности материала или в его толще и формирования дефекта в точке фокусировки (патент США № 5961852, B23K26/00, опубл. 5.10.99).

Устройство для осуществления этого способа содержит лазерную систему, оптико-механическую систему направления и фокусировки излучения, механизм перемещения образца, видеокамеру для контроля за процессом, компьютер и контроллер для управления всеми электронными системами и обработки изображения.

Недостатком этого способа является его ограниченность, т.к. он применим только для определенного стекла и для определенного вида покрытий вследствие использования KrF лазера. При этом невысокое качество излучения эксимерного лазера не позволяет фокусировать

повышает энергоемкость процесса. Отметим также присущие этому способу резки невысокую скорость обработки из-за невысокой частоты следования импульсов излучения, а также малую глубину обработки из-за сильного поглощения данного излучения в средах.

В основу изобретения положена задача создания способа резки прозрачных неметаллических материалов, в том числе и особо твердых, и с полупроводниковым покрытием, лазерным излучением, в котором за счет создания импульса с определенным набором параметров обеспечиваются условия для обеспечения механизма пробоя материала за счет ударной и многофотонной ионизации, вследствие чего создается дефект очень малого размера (по величине близкий к дифракционному пределу), а за счет выбора расстояния между точками пробоя достигается практическое соответствие энергии лазерного импульса и энергии, необходимой для образования трещины между 2 точками пробоя. В случае матовой задней стенки разрезаемого образца понижается порог его растрескивания. Способ обладает малой энергоемкостью, позволяет с большой степенью точности (до 10 мкм) производить резку вышеуказанных материалов толщиной от нескольких мкм до 300-500

выполнением серий дефектов путем фокусировки лазерного излучения в точках, расположенных на разных глубинах образца. Расположение точек фокусировки на задней стенке позволяет обеспечивать выполнение условия соответствия плотности значению, не превышающему порог разрушения полупроводникового покрытия, что дает возможность вырезать необходимые детали без разрушения покрытий. Этому также способствует расположение точек формирования дефектов вдоль направления поляризации лазерного излучения и создание дополнительного слоя дефектов в толще материала перпендикулярно поверхности и параллельно первому слою точек.

Вышеуказанный технический результат достигается за счет того, что в способе резки прозрачных неметаллических материалов путем направления лазерного луча от импульсного лазера, фокусирования лазерного излучения на поверхности материала или в его толще и формирования дефекта в точке фокусировки, используют импульсное лазерное излучение с длиной волны порядка 1 мкм, длительностью импульса 10-100 пс и энергией в импульсе до 100 мкДж, при этом формируют пучок таким образом, чтобы плотность мощности на

покрытия, затем определяют размер дефекта и формируют дефекты в точках материала, отстоящих друг от друга на расстоянии, определяемом 50% перекрытием дефектов, до двукратного размера дефекта, при этом точки формирования дефектов располагают вдоль направления поляризации лазерного излучения, а также производят фокусировку пучка на задней стенке образца без покрытия, затем или одновременно с первой фокусировкой дополнительно фокусируют один или несколько раз лазерное излучение в толще образца перпендикулярно поверхности и параллельно первому слою точек.

Устройство для резки прозрачных неметаллических материалов содержит лазерную систему, оптико-механическую систему направления и фокусировки излучения, механизм взаимного перемещения образца и фокального пятна лазера, видеоконтрольный блок, электронный блок управления и контроля, при этом система для направления и фокусировки излучения выполнена с полифокальной линзой, состоящей из 2 и более линз с разными фокусными расстояниями, или система для направления и фокусировки излучения выполнена с линзой из двулучепреломляющего кристалла.

Микрорастрескивание прозрачного образца можно создать не

прототипе, но также путем ударной ионизации в объеме, приводящей к лазерному пробоя. Это явление является пороговым по плотности энергии и мощности излучения, поскольку требуется получить в малом объеме чрезвычайно сильное электрическое поле. Такой эффект может быть достигнут применением сверхкоротких лазерных импульсов пикосекундного диапазона. Использование при этом Nd:YAG лазера с длиной волны порядка 1 мкм и высоким качеством пучка позволяет получить малый размер фокуса порядка единиц микрон, близкий к дифракционному пределу, что дает высокую плотность излучения уже при невысокой общей энергии импульса. Контролируемое по направлению растрескивание образца достигается за счет выбора подходящей геометрии и поляризации лазерного пучка, а также пространственного расположения на образце последовательности треков лазерного пробоя, а именно расположение первого направляющего ряда дефектов вблизи задней стенки образца, а также за счет выбора расстояния между точками фокусировки излучения. Формирование в образце 2 и более треков дефектов обеспечивает резку толстых (больше 300 мкм) образцов особо твердых материалов с заявляемой точностью. В то же время

оптимально низкий порог пробоя получается за счет специального подбора длительности лазерного импульса.

Использование в заявленном устройстве полифокальной линзы, состоящей из 2 и более линз с разными фокусными расстояниями или линзы из двулучепреломляющего кристалла позволяет создать второй слой дефектов, что также приводит к увеличению точности реза за счет создания внутри образца преимущественно выделенного направления для разламывания образца.

Таким образом, использование отличительных признаков предлагаемого изобретения позволяет создать способ, обеспечивающий возможность с точностью до 10 мкм вырезать необходимые детали без разрушения покрытий даже из особо прочных материалов, обладая при этом малой энергоемкостью.

Изобретение поясняется фиг.1-4.

На фиг.1 показана блок-схема установки. Фиг.2 - узел фокусировки. Фиг.3а,б,в - фото разрезанного образца сапфира при 2 значениях энергии импульса - 12 и 20 мкДж. На фиг.4 показаны скрайбированные образцы с дефектами.

Поясним способ на примере работы устройства для резки,

- Лазерная система 1.
- Оптико-механическая система направления и фокусировки излучения 2.
- Механизм перемещения образца 3.
- Видеоконтрольное устройство 4.
- Электронный блок контроля и управления 5.

Качество и структура обработанных образцов и их элементов изучалось под микроскопом.

Лазерная система 1 состоит из Nd:YAG лазера с импульсной ламповой накачкой. Лазерный импульс подвергался двухступенчатой компрессии по длительности методами ВРМБ и ВКР. В результате итоговая длительность импульсов составляла около 15-50 пс, длина волны излучения увеличивалась за счет ВКР до 1.2 мкм, энергия в импульсе до 100 мкДж. Стандартная частота следования импульсов 15 Hz. Для варьирования энергии в импульсе приблизительно в 2 раза на пути луча можно было устанавливать нейтральный 60% фильтр.

Фокусирующая система 2, показанная на фиг.2, состоит из коллимирующей оптики (телескопической системы) 7, дихроичного поворотного зеркала 8 и фокусирующего микрообъектива 9, имеющего

самым область фокусирования излучения могла сканироваться вручную по глубине образца. Положение микрообъектива контролировалось микрометром с точностью до 5 мкм. В работе использовались микрообъективы 9 с фокусным расстоянием 8 и 15 мм. Установленная между системой 7 и зеркалом 8 линза 10 (или линза из двулучепреломляющего кристалла) с 2 фокусными расстояниями позволяла фокусировать лучи 11 и 12 в разных местах по высоте образца.

Для изучения возникновения трещин в результате лазерного пробоя использовались стеклянная пластинка 12 толщиной 1.2 мм и сапфировые пластинки толщиной около 0.4 мм без напыления, с равномерно напыленным GaN и с напыленной полупроводниковой сеткой с шагом 430 мкм. Сапфировые пластинки были прозрачными и полированными со стороны нанесения напыления и шероховатоматовые с обратной.

Поперечный диаметр каустики лазерного пучка в фокусе был оценен в 4-8 мкм по изображению трека в толще образца, где порог пробоя высокий, а размер кратера минимален, что практически совпадало с дифракционным пределом.

Первый рез лучом лазера 1 наносился сквозь прозрачную сторону вблизи от задней шероховатой стенки. Глубина трека области лазерного пробоя составляла порядка 50 мкм для микрообъектива с $F = 8$ мм и 80 мкм для $F = 15$ мм. Скрайбирование задней стенки пластины 13 проводилось при 2-х значениях энергии импульса - 20 и 12 мкДж. Допустимая величина дефектов поверхности до 10 мкм гарантированно получалась при резе на малой мощности. На фиг.3а показан образец реза для энергии в импульсе 12 мкДж, на фиг.3б - 20 мкДж, на фиг.3в - 20 мкДж с 2 слоями нанесенных дефектов. Область повреждений и отклонения поверхности раскола от линии реза не превышала 10 мкм при резке по направлениям, не совпадающим с кристаллографическими осями, при совпадении линии реза с кристаллографической осью отклонение определялось точностью позиционирования фокального пятна.

Для управления ростом трещины был проведен второй дополнительный рез на некотором расстоянии от задней поверхности. Такой рез создавал дополнительные трещины в заданном направлении внутри объема образца, что приводило к резкому снижению механического порога при разломе и контролируемому

зоне реза с помощью половины положительной линзы 10 с фокусным расстоянием около 2 м. При этом в стекле пучки расходились по высоте на 120 мкм для объектива с $F = 15$ мм, а в сапфире расхождение составляло 180 мкм из-за большего показателя преломления. Созданная таким методом структура трещин позволили получить удовлетворительное разламывание сапфировой пластины на микроэлементы с стороной 400 мкм мм путем прокатывания специальным валиком. На фиг.4 показаны скрайбированные образцы с дефектами, нанесенными с помощью двойной фокусировки на разных глубинах слоев дефектов в толще образца.

При скрайбировании образцов с полупроводниковым покрытием был использован короткофокусный объектив с $F = 8$ мм. Он позволил полностью устранить выжигание нанесенного покрытия при энергии импульса 12 мкДж, длительности импульса 30 пс вследствие создания плотности энергии излучения на поверхности образца меньше порога разрушения покрытия.

Механизмы возникновения лазерного пробоя в прозрачных диэлектриках подробно изучались в последнее десятилетие в связи с развитием фемтосекундной лазерной техники. В работе As-Chun Tien

вклад различных механизмов ионизации в возникновение лазерного пробоя в зависимости от длительности лазерного импульса в диапазоне от сотен пикосекунд до десятков фемтосекунд.

Пробой в прозрачных средах связывается с быстрым нарастанием плотности электронов в зоне проводимости до критического уровня, необходимого для возникновения сильного поглощения лазерного излучения возникающей плазмой. В результате разрушение среды происходит под действием образующейся ударной волны в плазме. Исходя из приведенных в статье графиков пороговой плотности энергии пробоя как функции длительности импульса можно рассматривать механизм инициирования в используемом нами диапазоне около 30 пс следующим образом. В зоне проводимости твердых тел благодаря наличию примесей всегда находится некоторое количество свободных электронов. Под действием очень сильного электрического поля лазерной волны порядка сотен МВ/см происходит ускорение электронов до энергии, достаточной для ударной ионизации атомов решетки. В результате развивается электронная лавина, которая быстро достигает критической плотности. В пользу механизма ударной ионизации свидетельствует

шероховатой поверхности из-за возросшего количества дефектов решетки.

Помимо ударного, при длительности импульса в единицы пикосекунд начинает работать механизм многофотонной ионизации, однако он дает основной вклад в области длительностей короче 1 пс. При этом величина плотности энергии пробоя пропорциональна квадратному корню из длительности импульса вплоть до значений длительности порядка 10 пс, а при дальнейшем укорочении импульса ведет себя нелинейно, но близка к постоянному значению (например, около 1 Дж/см² для плавленого кварца).

Рассматриваемый ударный механизм может приводить к зависимости геометрии пробоя в твердом теле от направления поляризации лазерного луча. Поскольку электроны ускоряются вдоль направления электрического поля, т.е. вектора поляризации, то и преимущественное направление разрастания электронной лавины должно располагаться вдоль этого направления. Таким образом, плазменное облако и возникающая ударная волна должны иметь форму, вытянутую вдоль направления поляризации. Следовательно, и форма трещины будет более узкой и длинной при расположении

поляризации и, соответственно, более раздутой и неровной поперек этого направления. Это должно также приводить к уменьшению механического порога разлома пластин вдоль реза, направленного по поляризации луча.

На этом основании можно пояснить выбранный диапазон длительностей импульса. При длительности импульса меньше 10 пс, как видно из вышеуказанной статьи, действующим механизмом пробоя, наряду с ударной, становится многофотонная и туннельная ионизация. Как известно из практики, при длительности импульса порядка сотен фемтосекунд и короче возникают сильные нелинейные эффекты, которые приводят, с одной стороны, к невозможности сфокусировать лазерный пучок в пятно необходимого малого размера, а, с другой - к модификации показателя преломления и помутнению прозрачного материала. Эти механизмы практически исключают возможность лазерного пробоя в объеме подложки и, поэтому, непригодны для резки. В свою очередь, диапазон длительностей импульса примерно от 500 фс до единиц пикосекунд чрезвычайно трудно реализовать практически, получив при этом приемлемые частотные параметры в диапазоне от десятков Гц до десятков кГц (режим синхронизации мод дает частоты повторений в десятки и сотни

МГц). Наконец, при длительностях импульсов больше 100 пс вследствие возрастающего энерговывода область дефекта значительно увеличивается, также начинают сказываться термический градиент, что в итоге ведет к снижению заявленной точности.

Таким образом, использование механизма ударной ионизации позволило создать способ скрайбирования прозрачных особо твердых неметаллических материалов с полупроводниковым покрытием, обеспечивающий точность резки этих материалов до 10 мкм.

Формула изобретения

1. Способ резки неметаллических материалов путем направления лазерного луча от импульсного лазера, фокусирования лазерного излучения на поверхности образца или в его толще и формирования дефекта в точке фокусировки, а затем приложения механического усилия к поверхности образца, отличающийся тем, что используют импульсное лазерное излучение с длиной волны, лежащей в области прозрачности материала, длительностью импульса 10-100 пс и энергией в импульсе, достаточной для образования пробоя в зоне фокуса, при этом формируют пучок таким образом, чтобы плотность мощности на поверхности не превышала порог разрушения полупроводникового покрытия, затем определяют размер дефекта и формируют дефекты в точках образца, отстоящих друг от друга на расстоянии, определяемом 50% перекрыванием дефектов на 50% до двукратного расстояния между дефектами.

2. Способ резки прозрачных неметаллических материалов по п.1, отличающийся тем, что точки формирования дефектов располагают вдоль направления поляризации лазерного излучения.

3. Способ резки прозрачных неметаллических материалов по п.1, отличающийся тем, что производят фокусировку пучка на задней стенке образца без покрытия, затем или одновременно с первой фокусировкой дополнительно фокусируют один или несколько раз лазерное излучение в толще образца перпендикулярно поверхности и параллельно первому слою дефектов.

4. Устройство для резки прозрачных неметаллических материалов, содержащее лазерную систему, оптико-механическую систему направления и фокусировки излучения, механизм взаимного перемещения образца и фокального пятна, видеоконтрольное устройство, блок управления и контроля, отличающееся тем, что система для направления и фокусировки излучения выполнена с линзой, состоящей из 2 и более линз с разными фокусными расстояниями.

5. Устройство по п.4, отличающееся тем, что система для направления и фокусировки излучения выполнена с линзой из двулучепреломляющего кристалла.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/RU 03/00042

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C03B 33/02, B23K 26/38, 26/06, G02B 3/10

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

C03B 33/00, 33/02, 33/09, B23K 26/00, 26/38, 26/06, G02B 3/00-3/14, G02B 9/34, 27/00, 27/30, 27/48, G02C 7/00, 7/06

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	RU 2020133 C1 (SANKT-PETERBURGSKY GOSUDARSTVENNY ELEKTROTEKHNICHESKY UNIVERSITET) 30.09.1994, figure 8, page 4, column 2, lines 30-60	4-5
Y	SU 1738559 A1 (KIEVSKY POLITEKHNICHESKY INSTITUT) 07.06.1992, page 1, column 2, paragraph 2	4-5
Y	RU 2093866 C1 (VERNER-FIALA) 20.10.1997, figure 1, the abstract, page 3, column 2, lines 32-45	5
A	US 5961852 A (OPTICAL COATING LABORATORY, INC.) Oct. 5, 1999	1-5
A	A. G. GRIGORYANTS et al. Lazernaya rezka metallov, book 7, Moscow, Vyschaya shkola, 1988, pages 107-109	1-5
A	RU 091830 C1 (GAVRILOV ANDREI JURIEVICH) 27.09.1997.	1-5

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principles or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"Z" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

07 August 2003 (07.08.03)

Date of mailing of the international search report

28 August 2003 (28.08.04)

Name and mailing address of the ISA/ RU

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1992)

BEST AVAILABLE COPY

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/RU 03/00042

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<p>RU 2061249 C1 (NAUCHNO-ISSLEDOVATELSKY INSTITUT KOMPLEKSNYKH ISPYTANY OPTIKO-ELEKTRONNYKH PRIBOROV I SISTEM VSESOJUZNOGO NAUCHNOGO TSENTRA "GOSUDARSTVENNY OPTICHESKY INSTITUT) 27.05.1996.</p>	1-5

Form PCT/ISA/210 (continuation of second sheet) (July 1992)

BEST AVAILABLE COPY

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.